

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-229635

(43)Date of publication of application : 16.08.2002

(51)Int.Cl.

G05B 19/418

G06F 17/60

G06F 19/00

(21)Application number : 2001-030104

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 06.02.2001

(72)Inventor : KOBAYASHI TAKAKAZU

ITO KUNIHARU

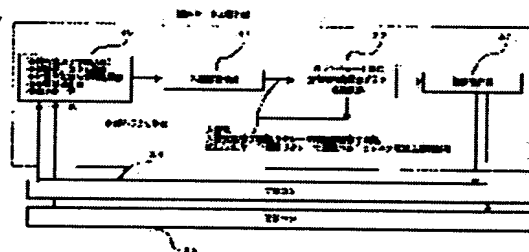
YACHI YASUTO

(54) PROCESSING PLAN PREPARING METHOD AND DEVICE IN MANUFACTURING/CARRIER PROCESS, PHYSICAL DISTRIBUTION CONTROLLING METHOD AND DEVICE, COMPUTER READABLE RECORDING MEDIUM AND COMPUTER PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To optimize a processing plan in an object process or a physical distribution control at high speed in a manufacturing/carrier process for processing a plurality of products in a plurality of different process routes and selecting the plurality of different process routes for each product.

SOLUTION: This processing plan preparing device 31 is capable of easily determining proper carrier equipment, carrier route, manufacturing equipment, manufacturing process, carrier starting time, carrier terminating time, equipment use starting time, equipment use terminating time, manufacturing quantity and carrier amount at high speed by a function for detecting a product group to be manufactured or carried based on the present physical distribution state and information, extracting a process route selectable candidate for the product group and selecting combinations advantageous in strategy from all the combinations, a function for constructing each mathematical model constituted of a linear formula and an integer restrictive formula for the selected combinations, a function for optimizing each mathematical model based on an evaluation function and a function for extracting a combination showing a best evaluation value of the optimization results.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-229635
(P2002-229635A)

(43) 公開日 平成14年8月16日 (2002.8.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード [*] (参考)
G 0 5 B 19/418		G 0 5 B 19/418	Z 3 C 1 0 0
G 0 6 F 17/60	1 0 6	G 0 6 F 17/60	1 0 6
19/00	1 2 0	19/00	1 2 0

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2001-30104(P2001-30104)

(22) 出願日 平成13年2月6日 (2001.2.6)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 小林 敬和

富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技
術開発本部内

(72) 発明者 伊藤 邦春

富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技
術開発本部内

(74) 代理人 100090273

弁理士 國分 孝悦

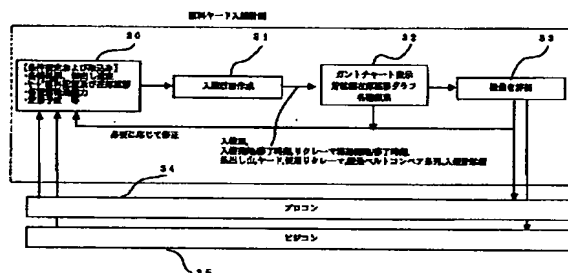
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 製造・搬送プロセスにおける処理計画作成方法及び装置、物流制御方法及び装置、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、並びにコンピュータプログラム

(57) 【要約】

【課題】 異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて、対象工程における処理計画或いは物流制御を高速に最適化できるようにする。

【解決手段】 処理計画作成装置31において、現在の物流状態、情報に基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出し、この製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出し、その全組合せから戦略上優位な組合せを選別する機能と、選別した組合せに対して、線形式及び整数制約式でなる数式モデルをそれぞれ構築する機能と、各数式モデルを評価関数に基づいて最適化する機能と、最適化結果の中で一番良い評価値を示す組合せを抽出する機能とにより、最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量を簡単に高速に決定することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成方法であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する処理と、上記製品群に対して選別した工程経路選択可能候補の組合わせに対して所定の数式モデルを構築し、上記構築した数式モデルの各々に対して評価関数を用いて最適化問題を解くことにより最適解を求める処理と、上記最適解に基づいて搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する処理とを行うことを特徴とする処理計画作成方法。

【請求項 2】 異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成方法であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込む処理と、上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する処理と、上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する処理と、上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する処理と、上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する処理と、上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び整数制約式で成る数式モデルを構築する処理と、上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は 2 次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める処理と、上記最適解の内では一番評価の良いものを選択することで、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する処理とを行うことを特徴とする処理計画作成方法。

【請求項 3】 上記最適化の計算を混合整数計画法又は 2 次計画法で行うことを特徴とする請求項 2 に記載の処理計画作成方法。

【請求項 4】 上記最適化の計算をタブサーチ又は GA で行うことを特徴とする請求項 2 に記載の処理計画作成方法。

【請求項 5】 上記工程経路選択可能候補の組合せから戦略上で優位な組合せを選別した際に、選別組合せの数が設定した選別数範囲を外れる場合、戦略を変更して再度優位な組合せを選別し直し、新たな選別組合せを構築する処理を行うことを特徴とする請求項 2～4 のいずれか 1 項に記載の処理計画作成方法。

【請求項 6】 上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する際に、使用優先の高い工程経路順に優先順位を付けて、優先順位の高い方から予め設定した一定数の工程経路のみを抽出する処理を行うことを特徴とする請求項 2～5 のいずれか 1 項に記載の処理計画作成方法。

【請求項 7】 請求項 1～6 に記載の処理計画作成方法の各処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 8】 請求項 1～6 に記載の処理計画作成方法の各処理をコンピュータに実行させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項 9】 異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成装置であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する検出手段と、上記製品群に対して選別した工程経路選択可能候補の組合わせに対して所定の数式モデルを構築し、上記構築した数式モデルの各々に対して評価関数を用いて最適化問題を解くことにより最適解を求める最適化演算手段と、上記最適解に基づいて搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する決定手段とを備えたことを特徴とする処理計画作成装置。

【請求項 10】 異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成装置であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前

提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込むデータ取り込み手段と、

上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する検出手段と、

上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する抽出手段と、

上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する構築手段と、

上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する選別手段と、

上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び整数制約式で成る数式モデルを構築する数式モデル構築手段と、

上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は2次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める最適化演算手段と、

上記最適解の中で一番評価の良いものを選択すること
で、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する決定手段とを備えたことを特徴とする処理計画作成装置。

【請求項11】 上記最適化の計算を混合整数計画法又は2次計画法で行うことを特徴とする請求項10に記載の処理計画作成装置。

【請求項12】 上記最適化の計算をタブサーチ又はGAで行うことを特徴とする請求項10に記載の処理計画作成装置。

【請求項13】 上記選別手段により上記工程経路選択可能候補の組合せから戦略上で優位な組合せを選別した際に、選別組合せの数が設定した選別数範囲を外れか否かを判断する判断手段と、上記選別範囲を外れる場合、戦略を変更して再度優位な組合せを選別し直し、新たな選別組合せを構築する再選別手段とを更に備えたことを特徴とする請求項10～12のいずれか1項に記載の処理計画作成装置。

【請求項14】 上記抽出手段により上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する際に、使用優先の高い工程経路順に優先順位を付けて、優先順位の高い方から予め設定した一定数の工程経路のみを抽出することを特徴とする請求項10～13のいずれか1項に記載の処理計画作成装置。

【請求項15】 請求項9～14に記載の処理計画作成装置の各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項16】 請求項9～14に記載の処理計画作成装置の各手段としてコンピュータを機能させることを特

徴とするコンピュータプログラム。

【請求項17】 異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御するための物流制御方法であって、

製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込む処理と、

上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する処理と、

上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する処理と、

上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する処理と、

上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する処理と、

上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び整数制約式で成る数式モデルを構築する処理と、

上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は2次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める処理と、

上記最適解の中で一番評価の良いものを選択すること
で、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する処理とを行い、

上記決定に基づいて上記製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御することを特徴とする物流制御方法。

【請求項18】 上記最適化の計算を混合整数計画法又は2次計画法で行うことを特徴とする請求項17に記載の物流制御方法。

【請求項19】 上記最適化の計算をタブサーチ又はGAで行うことを特徴とする請求項17に記載の物流制御方法。

【請求項20】 上記工程経路選択可能候補の組合せから戦略上で優位な組合せを選別した際に、選別組合せの数が設定した選別数範囲を外れる場合、戦略を変更して再度優位な組合せを選別し直し、新たな選別組合せを構築する処理を行うことを特徴とする請求項17～19のいずれか1項に記載の物流制御方法。

【請求項21】 上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する際に、使用優先の高い工程経路順に優先順位を付けて、優先順位の高い方から予め設定した一定数の工程経路のみを抽出する処理を行うことを特徴とす

10

20

30

40

50

る請求項 17～20 のいずれか 1 項に記載の物流制御方法。

【請求項 22】 請求項 17～21 に記載の物流制御方法の各処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 23】 請求項 17～21 に記載の物流制御方法の各処理をコンピュータに実行させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項 24】 異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御するための物流制御装置であって、
製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込むデータ取り込み手段と、
上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する検出手段と、
上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する抽出手段と、
上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する構築手段と、
上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する選別手段と、
上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び整数制約式で成る数式モデルを構築する数式モデル構築手段と、
上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は 2 次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める最適化演算手段と、
上記最適解の内で一番評価の良いものを選択すること
で、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する決定手段とを備え、
上記決定に基づいて上記製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御することを特徴とする物流制御装置。

【請求項 25】 上記最適化の計算を混合整数計画法又は 2 次計画法で行うことを特徴とする請求項 24 に記載の物流制御装置。

【請求項 26】 上記最適化の計算をタブサーチ又は GA で行なうことを特徴とする請求項 24 に記載の物流制御装置。

【請求項 27】 上記選別手段により上記工程経路選択可能候補の組合せから戦略上で優位な組合せを選別した

際に、選別組合せの数が設定した選別数範囲を外れか否かを判断する判断手段と、上記選別範囲を外れる場合、戦略を変更して再度優位な組合せを選別し直し、新たな選別組合せを構築する再選別手段とを更に備えたことを特徴とする請求項 24～26 のいずれか 1 項に記載の物流制御装置。

【請求項 28】 上記抽出手段により上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する際に、使用優先の高い工程経路順に優先順位を付けて、優先順位の高い方から予め設定した一定数の工程経路のみを抽出することを特徴とする請求項 24～27 のいずれか 1 項に記載の物流制御装置。

【請求項 29】 請求項 24～28 に記載の物流制御装置の各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 30】 請求項 24～28 に記載の物流制御装置の各手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするコンピュータプログラム。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、異なる複数の工程で複数の製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおける処理計画作成方法及び物流制御方法、これらを実現するための装置、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、及びコンピュータプログラムに関する。

【0002】

30 【従来の技術】鉄鋼を始めとする多くの産業における製造・搬送プロセスでは、複数製品を異なる複数の工程で処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な条件で製造・搬送をしている。例えば、製鉄所において行われている原料ヤードから原料貯槽までの製鉄原料の搬送工程は、異なる銘柄が入槽され、且つ異なる切出し速度で払出される複数槽に向け、複数銘柄が積みつけられた複数のヤードから槽に入槽されている銘柄に適合する山を選択し、使用できる複数のリクレーマの内で適切なリクレーマを選択し、リクレーマによって山からの切出し処理を行ない、切出した鉄鉱石は搬送可能な複数ベルトコンベア系列の内で適切なベルトコンベア系列を選択し、原料貯槽へ搬送し、原料貯槽に適切な開始時刻から終了時刻まで適切な入槽量を入槽処理する。更に、複数銘柄が複数ヤードに積みつけられており、しかも複数山に同一銘柄が積みつけられている場合もある。

【0003】このようなヤードから原料貯槽までの製鉄原料生産計画を立てる際には、ヤード、リクレーマ、ベルトコンベア系列、原料貯槽の操業上の制約や原料物流工程に起因する制約などを考慮に入れる必要がある。すなわち、原料工場では、高炉操業及び焼結工場の操業安定化のために原料貯槽の荷切れは発生させてはならな

い。このために多数ある原料貯槽の在庫推移を絶えず監視し、常に気を配る必要がある。

【0004】また、原料貯槽の在庫レベルがある一定レベルを切ると槽に溜まっていた粒度の粗い鉄鉱石が一気に流出し、鉄鉱石の粒度安定阻害を起こしたり、焼結鉱の場合には、これを入槽する際に落下距離が大きくなるために微粉化が発生したりする。これらを防ぐために、原料貯槽在庫は高位安定であることが要求される。

【0005】さらに原料貯槽に入槽する銘柄毎に工程経路が異なるばかりか同一原料貯槽に入槽する場合にも工程経路が複数存在するため、設備の使用状況を判断し適切な工程経路を選択する必要がある。また、各工程・各設備での処理時間が異なることも考慮に入れる必要がある。

【0006】このような様々な制約の下で、1つの山から1つのリクレーマを使い、一つのベルトコンベア系列で搬送し、1つの原料貯槽に対して入槽するのであれば、単純に原料貯槽の在庫レベルが低くなれば運んでいけば良い。ところが、上述したような複数銘柄が複数ヤードに積みつけられ、且つ別山に同一銘柄が複数箇所に積みつけられており、複数原料貯槽に入槽するような操業条件では、全体の生産効率を向上させるためにも、どの原料貯槽にどういう順番でどのリクレーマ及びベルトコンベア系列を使用し、いつからいつまで入槽作業を行なうかを決定する必要がある。高炉・焼結工場の操業を安定化するため在庫を確保し、鉄鉱石粒度を安定化し、焼結鉱の微粉化を防止するため在庫レベル高位安定化を実現した原料ヤード操業計画をきちんと立てる必要がある。

【0007】以上のことより貯槽に原料を送り込む作業の計画立案は、複雑な知能労働であり、操業者の経験や知識が重要なものとなっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】一般に、複数製品を異なる複数の工程で処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路（同一工程で異なる設備を使用する場合も異工程経路と考える）を選択可能な製造・搬送プロセスでは、操業者による計画立案方法によると、時々刻々と作業状況が変化する大規模なプロセスでは考慮すべき項目が多く、計算すべき項目も多いため、熟練操業者以外では情報の見落としや判断ミスなどのため計画立案が困難であった。

【0009】このような問題を解決するために、プロセス内における処理計画作成或いは物流制御の自動化が望まれ、現在種々の計画法が提案されている。例えば、上記原料ヤードの操業計画の作成に関しては、特開平3-243508号公報には、知識ベースに基づいたヤード計画に則した自動制御方法が提示されている。また、特開平3-279124号公報には、ヤード計画を中心とした搬送作業の競合解消方法が提示されている。また、

特開平4-89708号公報には、知識ベースに基づいた鉄石ヤードの搬送効率を最大化するような自動制御方法が提示されている。また、特開平4-89709号公報には、知識ベースに基づいた石炭ヤードの搬送効率を最大化するような自動制御方法が提示されている。また、特開平6-263231号公報には、原料ヤードにおける受入・払出し・搬送設備の競合および接近競合を避け搬送能率を最大にする自動制御方法が提示されている。また、特開平11-236116号公報には、混合整数計画法に基づいた原料搬送制御システムが提示されている。また、特開平11-236129号公報には、ルールにより原料ヤードにおける受入・払出し・搬送設備の競合を避け、その結果を評価関数により評価し、評価値が悪い場合条件を変えることで搬送能率を最大にする自動制御方法が提示され、ヤードの搬送効率を最大化するような自動制御方法が提示されている。

【0010】しかしながら、従来方法においては、処理計画の最適性に関しては、熟練操業者の知識やノウハウを知識ベース或いはルールで解決しているものがほとんどであるため、最適解である保証がなかった。

【0011】また、上記製造・搬送プロセスでは、同一時刻に同一起点から複数の終点に、又は、同一時刻に同一設備・搬送路を介して複数の起点のそれぞれから複数の終点のそれぞれの工程を使用する或いは搬送する「競合」、及び同一起点から同一終点へ複数の工程・搬送路があり、選択する必要がある「選択」が生じることがあるが、混合整数計画法を用いた公報の場合においても上記「選択」が考慮されておらず、上記「競合」と「選択」を同時に最適化する処理方法は各公報には見当たらない。

【0012】さらに、従来のGA等の組合せ最適化手法により工程経路・搬送経路の全組合せを考慮するとしても、組合せ数が非常に多く求解までの時間が非常に長くなったり、また組合せ最適化手法では搬送開始及び終了時刻、設備使用開始及び終了時刻の最適化が行なえなくなったりするなどの問題もあった。

【0013】本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、異なる複数の工程で複数の製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路（同一工程で異なる設備を使用する場合も異工程経路と考える）を選択可能なプロセスにおいて、「競合」及び「選択」が発生しうる場合においても、操業計画あるいは物流制御を高速に最適化できるようにすることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の処理計画作成方法は、異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品（材料・半製品も含むものを、単に製品と呼ぶ）が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成方法であって、製品受入計画、製品出荷計画、

在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する処理と、上記製品群に対して選別した工程経路選択可能候補の組合わせに対して所定の数式モデルを構築し、上記構築した数式モデルの各々に対して評価関数を用いて最適化問題を解くことにより最適解を求める処理と、上記最適解に基づいて搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する処理とを行なう点に特徴を有する。

【0015】本発明の他の処理計画作成方法は、異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成方法であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込む処理と、上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する処理と、上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する処理と、上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する処理と、上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する処理と、上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び整数制約式で成る数式モデルを構築する処理と、上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は2次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める処理と、上記最適解の内では一番評価の良いものを選択することで、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する処理とを行なう点に特徴を有する。

【0016】本発明の処理計画作成装置は、異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成装置であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する検出手段と、上記製品群に対して選別した工程経路選択可能候補の組合わせに対して所定の数式モデルを構築し、上記構築した数式モデルの各々に対して評価関数を用いて最

適化問題を解くことにより最適解を求める最適化演算手段と、上記最適解に基づいて搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する決定手段とを備えた点に特徴を有する。

【0017】本発明の他の処理計画作成装置は、異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における処理計画を作成するための処理計画作成装置であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込むデータ取り込み手段と、上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する検出手段と、上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する抽出手段と、上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する構築手段と、上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する選別手段と、上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び整数制約式で成る数式モデルを構築する数式モデル構築手段と、上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は2次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める最適化演算手段と、上記最適解の内では一番評価の良いものを選択すること

で、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する決定手段とを備えた点に特徴を有する。

【0018】本発明の物流制御方法は、異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御するための物流制御方法であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込む処理と、上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する処理と、上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する処理と、上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する処理と、上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する処理と、上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び

整数制約式で成る数式モデルを構築する処理と、上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は2次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める処理と、上記最適解の内一番評価の良いものを選択することで、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する処理とを行ない、上記決定に基づいて上記製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御する点に特徴を有する。

【0019】本発明の物流制御装置は、異なる複数工程経路で複数製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御するための物流制御装置であって、製品受入計画、製品出荷計画、在庫計画、設備使用計画、設備修理計画、設備能力、設備現況、工程現況、在庫現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの操業前提条件の全て或いは一部を表わす入力データを取り込むデータ取り込み手段と、上記入力データに基づいて製造又は搬送すべき製品群を検出する検出手段と、上記製品群に対して工程経路選択可能候補を抽出する抽出手段と、上記抽出した工程経路選択可能候補の組合せを構築する構築手段と、上記工程経路選択可能候補の組合せに対してあらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する選別手段と、上記選別された組合せの各々に対して、組合せ毎に、製品群の処理に伴う複数の競合する作業群の関係、制約に対する線形式及び整数制約式で成る数式モデルを構築する数式モデル構築手段と、上記構築した数式モデルの各々に対してあらかじめ設定した線形又は2次形式を評価関数として最適化問題を解くことにより、上記構築した数式モデルの各々に対して競合を解消した最適解を求める最適化演算手段と、上記最適解の内一番評価の良いものを選択することで、競合を解消した最適な搬送設備、搬送経路、製造設備、製造工程、搬送開始時刻、搬送終了時刻、設備使用開始時刻、設備使用終了時刻、製造量、搬送量の全て或いは一部を決定する決定手段とを備え、上記決定に基づいて上記製造・搬送プロセスにおいて対象工程における物流を制御する点に特徴を有する。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態を図面を用いて説明する。本実施形態では、異なる複数の工程で複数の製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路を選択可能な製造プロセス例として、原料ヤードから複数の原料貯槽までの選択可能な搬送路を用いて、ヤード積みつけ銘柄、ヤード在庫量推移、鉄鉱石・焼結鉱切出し量、設備レイアウト等の原料物流制約の下で、高炉・焼結工場操業を安定化するため在庫を確保し、鉄鉱

石粒度を安定化し、焼結鉱の微粉化を防止するため在庫レベル高位安定化を実現した原料ヤード入槽計画の最適化問題を扱うものとする。ただし、これはあくまでも一実施例であり、本発明は、異なる複数の工程で複数の製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路（同一工程で異なる設備を使用する場合も異工程経路と考える）を選択可能な製造プロセスにおいて、多くの制約を守りつつ対象工程での操業計画を作成する際に適用することが可能であり、また特に有効である。

10 【0021】ここでの操業計画では、まず第1に、高炉・焼結工場の操業を安定化するための在庫を確保（在庫切れ防止）し、鉄鉱石粒度を安定化し、焼結鉱の微粉化を防止するため在庫レベル高位安定化を実現することを目的とする。

【0022】なお、原料貯槽毎に切出し量が異なり、且つ入槽を開始しようとする時点で入槽条件、例えば該当原料貯槽の在庫レベル等が異なるため、入槽すべき量を状況に応じて原料貯槽レベルが高位安定に成るように決める必要がある。

20 【0023】図1の原料ヤードの概要図に示すように、入槽すべき原料貯槽への搬送には複数のリクレーマとベルトコンベア系列の組が選択可能であり、リクレーマにより異なる切出し能力を持ち、且つ原料貯槽の多さに比べてリクレーマが少ないためリクレーマの取り合いが頻発し、また搬送路の選択自由度が大きいため、適切なリクレーマとベルトコンベア系列を適切に選択し、適切な時間稼働させる必要がある。

【0024】この制約の中で、全原料貯槽の在庫を確保し、且つ在庫レベル高位安定な原料ヤード操業計画を作成する際には、入槽順、入槽開始及び終了時刻、入槽量、リクレーマ稼働開始時刻、リクレーマ稼働終了時刻は勿論のこと、払出し山、ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽まで正確に決定する必要がある。

【0025】図2は、本実施形態による処理計画作成装置の位置づけを示す図である。図3は、本実施形態による処理計画作成装置の構成を示す図である。図4は、本実施形態による処理計画作成装置の処理内容を示すフローチャートである。

40 【0026】最初に、図2を用いて本実施形態による処理計画作成装置の位置づけを説明する。図2に示すように、原料ヤード入槽計画を作成する際には、まず、条件設定および取込み部30で、計画を立案する上で必要となるヤード配置、原料貯槽切出し量等の制約条件、能力条件、前提条件を、操業者が設定するか或いはプロコン又はビジコンよりデータを取込む。

【0027】本実施形態の入槽計画作成部31は、条件設定および取込み部30により設定された様々な物流制約の下で、これら物流制約、能力条件等を満たすように原料ヤードの入槽計画、すなわち、入槽順、入槽開始・

終了時刻、リクレーマ稼動開始・終了時刻及び払出し山・ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽を求める。

【0028】この入槽計画作成部31では、以下に詳しく述べるように、LP（線形計画法）、MIP（混合整数計画法）、QP（2次計画法）等の数値計画法又はタブサーチ、GA（genetic algorithms）等と数値計画法の組合わせと全搬送経路組合わせ構築機能の組合わせにより原料ヤードから原料貯槽まで処理順、処理時刻、使用すべき原料設備、搬送経路の最適化を図る。

【0029】処理計画作成部31で求められた原料ヤード入槽計画（入槽順、入槽開始/終了時刻、リクレーマ稼動開始/終了時刻及び払出し山・ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽の情報）は表示部32に与えられ、例えばガントチャート形式、原料貯槽在庫推移グラフ形式、或いは入槽時刻一覧等の帳票で表示される。

【0030】操業者評価部33では、求められた入槽計画を様々な観点（例えば、在庫推移、リクレーマでの同一銘柄連続払出し性等）から操業者が評価し、満足のいく結果でなければ必要に応じて入槽順、入槽開始・終了時刻、払出し山、使用リクレーマ等を修正する。そして、入槽計画作成部31でもう一度入槽計画を作成し直す。この際には、必要に応じて指定した処理のみ入槽時刻の固定や払出し山、使用リクレーマ指定等の固定ができるようにしておく。

【0031】次に、入槽計画作成部31の構成、及び入槽計画作成部31によって行われる処理について説明する。入槽計画作成部31は、ヤード配置、工程経路、入槽銘柄等の設定条件、物流制約の下、各原料貯槽毎の在庫量と原料払出し速度から、各原料貯槽毎の槽在庫推移を計算し、計画確定時刻までに在庫量が所定の補給レベルを切る原料貯槽を抽出し、原料貯槽在庫切れ回避、原料貯槽在庫レベル高位安定のために設定した所定の評価関数を最良にする入槽順、入槽開始及び終了時刻、入槽量、リクレーマ稼動開始時刻、リクレーマ稼動終了時刻は勿論のこと払出し山、ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽を決定する。このとき、計画確定時刻は、入槽計画作成開始の時刻から2時間或いは3時間程度の適切な値とする。

【0032】上記で説明した入槽計画作成部31の処理概要を、入槽計画作成部31の構成を示す図（図3）、入槽計画作成部31の処理内容を示すフローチャート（図4）、処理の概要を説明するために用いる原料ヤード製造プロセス（搬送）を規模縮小した簡単な事例を示す図（図5）、及び、この例を用いた場合の入槽計画作成部31の内部での動作の詳細を示す図6～10を用いて詳細に説明する。

【0033】図5に示す事例では、ヤード1にはそれぞれ鉄鉱石の銘柄A、B、Cが積み付けられた山があり、

ヤード2には銘柄Bが積み付けられた山がある。ヤード1の山の払出しにはリクレーマNo. 1が使用でき、ヤード2の山の払出しにはリクレーマNo. 2が使用できる。リクレーマNo. 1を使用した場合ベルトコンベア系列1、2、3、5のいずれかで鉄鉱石が搬送され、リクレーマNo. 2を使用した場合ベルトコンベア系列4、6のいずれかで鉄鉱石が搬送される。ベルトコンベア系列1で搬送された鉄鉱石は原料貯槽1に、系列2、4では原料貯槽2に、系列3では原料貯槽3に、系列5、6では原料貯槽4に夫々搬送される。原料貯槽1には銘柄A、原料貯槽2には銘柄B、原料貯槽3には銘柄C、原料貯槽4には銘柄Bが入槽される必要がある。ここで、ヤードから払い出す銘柄と原料貯槽に入槽される銘柄は同一銘柄でなくてはならない。

【0034】（1）入力データ、初期値、条件設定（図3のデータ取り込み部301、図4のステップS201）

本処理に必要な情報（原料受入計画、原料ヤード計画、設備修理計画、原料ヤード現況、槽在庫現況、槽切出量現況、設備稼働・故障現況、及び操業者からの作業前提条件）を、オンラインにて読込み、必要に応じて操業者が修正を加える。

【0035】（2）製造又は搬送すべき製品群を検出（図3の検出部302、図4のステップS202）

図6に示すように、各原料貯槽毎の在庫量と原料払出し速度から、各原料貯槽毎の槽在庫推移を計算し、計画確定時刻までに在庫量が所定の補給レベルを切る原料貯槽を抽出し、補給対象とすべき原料貯槽として抽出する。このとき、計画確定時刻は、入槽計画作成開始の時刻から2時間或いは3時間程度の適切な値とし、必要に応じてステップS201で変更が可能であるものとする。また、補給レベルは、各原料貯槽毎に個別の値を設定できるものとし、必要に応じてステップS201で変更が可能であるものとする。この補給レベルは適切な値として70%程度とする。この例では、原料貯槽1、2、3が補給対象槽として抽出され、原料貯槽4は現時刻では補給が必要でないといみなされ補給対象槽から外される。

【0036】（3）各製品（抽出貯槽）の選択可能な全工程（搬送設備）を抽出（図3の抽出部303、図4のステップS203）

抽出された補給対象の原料貯槽に対して、図7（a）に示すように搬送経路を検索し、各貯槽の選択可能な全搬送経路を導く。各貯槽の選択可能な全搬送経路の抽出動作の詳細を以下に説明する。

【0037】まず、物流構造、ヤード・山配置、原料貯槽積み付け銘柄、ヤードで使用できるリクレーマ、リクレーマで使用可能なベルトコンベア系列、原料貯槽に入槽可能なベルトコンベア系列が記載された搬送経路検索用情報テーブル61を図2の条件設定および取込み部30より取込む。例えば、原料貯槽2の場合を例して、同

図(b)を参照して説明すれば、S61(step1)では原料貯槽2を搬送経路検索用情報テーブル61の起点設備から検索する。次に、S62(step2)では原料貯槽2に積み付けられている銘柄Bと一致する銘柄を工程経路検索用情報テーブル61の山銘柄から検索する。S63(step3)では検索した山銘柄に対応するヤード、リクレーマの組を検索する。ここでは(ヤード1、RR No.1)、(ヤード2、RR No.2)が使用可能であることが分かる。S64(step4)では検索した起点設備の列と検索した山銘柄の交わる場所から使用可能なベルトコンベア系列を検索する。この場合、(ヤード1、RR No.1)を使用の場合は系列2、(ヤード2、RR No.2)を使用の場合は系列4が使用可能であることが分かる。以上より、原料貯槽2への搬送経路としては、(ヤード1、RR No.1、系列2)、(ヤード2、RR No.2、系列4)の2つの搬送経路を抽出する。

【0038】(4)全工程(搬送経路)の組合わせを構築(図3の構築部304、図4のステップS204)全原料貯槽に対して、搬送経路の抽出が終了したら、ステップS65(step5)に移り、補給対象となっている全原料貯槽に対して導かれた使用可能な搬送経路に関して、搬送経路の割付けパターンを構築する。この例題では、原料貯槽1は(ヤード1、RR No.1、系列1)原料貯槽2は(ヤード1、RR No.2、系列2)、(ヤード2、RR No.2、系列4)原料貯槽3は(ヤード1、RR No.1、系列3)である。このため、搬送経路の全割付けパターンは、割付けパターン1:(原料貯槽1、ヤード1、RR No.1、系列1)、(原料貯槽2、ヤード1、RR No.1、系列2)、(原料貯槽3、ヤード1、RR No.1、系列3)割付けパターン2:(原料貯槽1、ヤード1、RR No.1、系列1)、(原料貯槽2、ヤード2、RR No.2、系列4)、(原料貯槽3、ヤード1、RR No.1、系列3)の2パターンが導出される。

【0039】(5)戦略に合わせ搬送経路組合せを選別(図3の選別部305、図4のステップS205)次に、導出された搬送経路の全ての割付けパターンに対して、設定した戦略上で優位な割付けパターンを選別する。この例題では、戦略として同一RRで2つ以上の搬送作業の干渉が起こる割付けパターンは排除し、それ以外を選別するものとする。この場合、割付けパターン1ではRR No.1において原料貯槽1、2、3への3つの搬送作業の干渉が生じ、また割付けパターン2ではRR No.1において原料貯槽1、3への2つの搬送作業の干渉が生じるため、割付けパターン1、2とも排除される。このため選別される割付けパターンはない。

【0040】(6)戦略に合わせ搬送経路組合せを選別(図3の判断部306、図4のステップS206)次に、選別された割付けパターン数が選別数の範囲内にあるかどうかを判定する。判定した結果が選別数の範囲

内に入れば、図4のステップS208に、そうでないならステップS207の各処理に移る。この例題では、選別数として選別される割付けパターンが1つ以上あることとする。この場合選別された割付けパターンはないため選別数範囲内に入っていないので、ステップS207の処理に移る。

【0041】(7)戦略の変更(図3の再選別部307、図4のステップS207)

選別数範囲内に選別数が入らなかったため、戦略を変更する。この例題での戦略変更は、戦略として設定していた搬送作業の干渉数の制限数を1つつ増やすロジックが入っているものとする。前回まで上記設定数は2であったため、今回は同一RRで3つ以上の搬送作業の干渉が起こる割付けパターンは排除する。この場合、割付けパターン1ではRR No.1において原料貯槽1、2、3への3つの搬送作業の干渉が生じるため、割付けパターン1は排除する。このため割付けパターン2のみが選別される。この場合、選別された割付けパターン数が選別数の範囲内にあるかどうかの判定では、割付けパターン2が選別されているため、選択数範囲内でありステップS208に移る。

【0042】(8)組合わせ毎に数式モデルに定式化(図3の数式モデル構築部308、図4のステップS208)

次に、選別された割付けパターン、ここでは割付けパターン2に対して設定条件、物流制約、物流状況に基づき数式モデルに定式化する。割付けパターンが複数個選別されている場合は、それぞれに応じて数式モデルに定式化する。

【0043】図8は物流モデル構築概念図であり、定式化の概念を説明する。図8に示すように、一つのJOB(一回の入槽作業開始から入槽作業終了までに発生するリクレーマ作業、搬送作業、入槽作業の一連の作業を一つのまとまりとして捉えたもの)内での工程間の制約を記述した工程間制約モデルと、JOB間での干渉をモデル化したJOB間制約モデルより構築される。

【0044】工程間制約モデルではリクレーマの稼働開始時刻、同終了時刻をそれぞれ t_s 、 t_e 、ベルトコンベア系列の搬送開始時刻、同終了時刻をそれぞれ $t_{b,c}$ 、 t_{bc} 、入槽開始時刻、同終了時刻をそれぞれ t_{R_s} 、 t_{R_e} とすると、工程間には一定時間のずれ(l, m, n, p を定数とする)がある。この場合の制約は、下記の数1に示す式(1)~(4)と表される。

【0045】

【数1】

$$t_{bc_s} = t_s + l \quad \cdots \cdots (1)$$

$$t_{bc_e} = t_e + m \quad \cdots \cdots (2)$$

$$t_{R_s} = t_s + n \quad \cdots \cdots (3)$$

$$t_{R_e} = t_e + p \quad \cdots \cdots (4)$$

【0046】また、原料貯槽の入槽開始時の槽在庫レベルを $R(t_s)$ 、入槽終了時の槽在庫レベルを $R(t_e)$ とすると、原料貯槽への入槽量及び切出し量が時間に関らず一定である場合の制約は、下記の数2に示す式(5)、(6)と表される。ここで、 a, b, c, d は時刻と槽在庫レベルの関係を表す定数である。

【0047】

【数2】

$$R(t_s) = at_s + b \quad \cdots \cdots (5)$$

$$R(t_e) = ct_e + d \quad \cdots \cdots (6)$$

【0048】また、入槽開始時刻は入槽終了時刻より早くないといけなないので、下記の数3に示す式(7)と表される。

【0049】

【数3】

$$t_s < t_e \quad \cdots \cdots (7)$$

JOB1がJOB3より早く処理される場合

JOB3がJOB1より早く処理される場合

【0054】ここで上式(11)、(12)にJOB1の処理が行われる時刻とJOB2の処理が行われる時刻のずれ時間より十分大きな正の実数 M 及び0又は1の整数変数 I を導入すると、(11)、(12)は場合分けを必要としない下記の数6に示す式(13)、(14)で表現することが可能となる。

【0055】

【数6】

$$t_{s3} - t_{e1} + MI \geq 0 \quad \cdots \cdots (13)$$

$$t_{s3} - t_{e1} + M(1-I) \geq 0 \quad \cdots \cdots (14)$$

【0056】さらに、これらの式を変形すると、物流モデルは、下記の数7に示す式(15)～(17)という簡単な線形式及び整数制約式として数式モデルが構築できる。なお、 x は各設備の稼動開始・終了時刻、原料貯槽在庫、及び整数変数 I を行列表現したもの、 A 、 B は所定の行列式、 x_{min} 及び x_{max} はそれぞれ各設備の稼動開始最早時刻及び最遅時刻および原料貯槽在庫レベルの下限レベル及び上限レベルを行列表現したもの、式(17)に対応する整数制約となる x の要素は I (I は x の部分集合)である。

【0057】

【数7】

*【0050】さらに、 $R(t_s)$ は、一般に操業管理の都合上ある最低レベル R_{eL} (管理下限値)以上、 $R(t_e)$ はある最高レベル R_{eU} (管理上限値)以下である必要がある。この制約は、下記の数4に示す式(9)、(10)と表される。

【0051】

【数4】

$$R_{eL} \leq R(t_s) \quad \cdots \cdots (9)$$

$$R(t_e) \leq R_{eU} \quad \cdots \cdots (10)$$

【0052】JOB間制約モデルでは、割付けパターン2(原料貯槽1、ヤード1、RR No.1、系列1)、(原料貯槽2、ヤード2、RR No.2、系列4)、(原料貯槽3、ヤード1、RR No.1、系列3)の場合、原料貯槽1へ入槽するJOB(JOB1)と原料貯槽3へ入槽するJOB(JOB3)では、RR No.1をどちらも使用する必要があるが、この設備では時間が重なっての使用はできない(時間的な干渉)。JOB1のリクレーマNo.1(RR No.1)稼動開始時刻を t_{s1} 、稼動終了時刻を t_{e1} 、JOB3のリクレーマNo.1(RR No.1)稼動開始時刻を t_{s3} 、稼動終了時刻を t_{e3} とすると、この場合の制約は、下記の数5に示す式(11)、(12)と表される。

【0053】

【数5】

$$t_{s3} \geq t_{e1} \quad \cdots \cdots (11)$$

$$t_{s1} \geq t_{e3} \quad \cdots \cdots (12)$$

$$AX \leq B \quad \cdots \cdots (15)$$

$$x_{min} \leq x \leq x_{max} \quad \cdots \cdots (16)$$

$$\forall x: \text{整数 for } \{x | x \in X\} \quad \cdots \cdots (17)$$

【0058】(9)各数式モデルを評価関数に基づいて最適化(図3の最適化演算部309、図4のステップS209)

上記構築された線形及び整数制約式で成る数式モデルのそれぞれに対して、原料貯槽の入槽を開始するレベル又は時刻、及び入槽を終了するレベル又は時刻を変数として含む線形または2次形式として表現された評価関数に基づきLP(線形計画法)、MIP(混合整数計画法)、QP(2次計画法)等の数値計画法またはタブサーチ、GA等と数値計画法の組合わせ方法により最適化問題として問題を解くことにより、最適入槽順、入槽開始及び終了時刻、入槽量、リクレーマ稼動開始時刻、リクレーマ稼動終了時刻は勿論のこと払出し山、ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽を計算する。

【0059】例えば、上記最適化計算において、準最適解を形成するレベルで良い場合は、GAを用い、各JOBの整数変数 I を遺伝子として形成し、GAにより形成さ

れた I は決定された値として後はLP問題として解くことが出来る。また、最適解を得ることが望まれるレベルである場合は、混合整数計画問題として解く。

【0060】ここで、評価関数に関して線形式を用いた場合の例(図9)を示す。本例では、在庫レベルの高位安定をその目的としていたので、目標評価関数は、操作者が指定した入槽開始目標レベル R_{sr} 、入槽終了目標レ

* ベル R_{er} の各々に入槽開始レベル $R(t_s)$ 、入槽終了レベル $R(t_e)$ に近い程良い値を得る関数とする。図9に示した評価関数を式で表わすと、下記の数8に示す式(18)~(20)を得る。

【0061】

【数8】

$$\text{評価関数 } Z = \sum_{i=1}^{\text{入槽対象槽の数}} [f_i(R(t_s^i)) + g_i(R(t_e^i))] \rightarrow \text{Minimize} \dots\dots (18)$$

$$f_i(R(t_s^i)) = \begin{cases} W_{sl} R(t_s^i) & R_{sl} \leq R(t_s^i) \leq R_{sr}^i \\ f_i(R_{sr}^i) + W_{su} [R(t_s^i) - R_{sr}^i] & R_{sr}^i < R(t_s^i) \leq R_{su} \end{cases} \dots\dots (19)$$

$$g_i(R(t_e^i)) = \begin{cases} W_{el} R(t_e^i) & R_{el} \leq R(t_e^i) \leq R_{er}^i \\ g_i(R_{er}^i) + W_{eu} [R(t_e^i) - R_{er}^i] & R_{er}^i < R(t_e^i) \leq R_{eu} \end{cases} \dots\dots (20)$$

W_{sl} : 入槽開始レベルが入槽開始目標レベルより小さい時の評価関数 $f(R(t_s))$ の傾き

W_{su} : 入槽開始レベルが入槽開始目標レベルより大きい時の評価関数 $f(R(t_s))$ の傾き

W_{el} : 入槽終了レベルが入槽終了目標レベルより小さい時の評価関数 $g(R(t_e))$ の傾き

W_{eu} : 入槽終了レベルが入槽終了目標レベルより大きい時の評価関数 $g(R(t_e))$ の傾き

【0062】上式の評価関数を線形化するために、下記
の数9に示す式(21)、(22)のように入槽開始レ
ベル、入槽終了レベルをそれぞれの目標レベルの前後で※

※ 2つに変数に分割する。

【0063】

【数9】

$$\begin{aligned} R^i(t_s^i) &= R_1^i(t_s^i) + R_2^i(t_s^i) \\ R_{sl}^i &\leq R_1^i(t_s^i) \leq R_{sr}^i \\ 0 &\leq R_2^i(t_s^i) \leq R_{su}^i - R_{sr}^i \end{aligned} \dots\dots (21)$$

$$\begin{aligned} R^i(t_e^i) &= R_1^i(t_e^i) + R_2^i(t_e^i) \\ R_{el}^i &\leq R_1^i(t_e^i) \leq R_{er}^i \\ 0 &\leq R_2^i(t_e^i) \leq R_{eu}^i - R_{er}^i \end{aligned} \dots\dots (22)$$

【0064】上式を用いると、評価関数は、下記の数1
0に示す式(23)のように線形式となる。

★【0065】

★40 【数10】

$$Z = \sum_{i=1}^{\text{入槽対象槽の数}} [W_{sl}^i R_1^i(t_s^i) + W_{su}^i R_2^i(t_s^i) + W_{el}^i R_1^i(t_e^i) + W_{eu}^i R_2^i(t_e^i)] \rightarrow \text{最小化} \dots\dots (23)$$

【0066】以上の定式化した式(数式モデル)を混合整数計画法にて解くことにより、各数式モデル毎に最適解が得られる。

【0067】(10)最適結果の内一番良い評価値を示す組み合わせを抽出(図3の決定部310、図4のステップS210、S211)

以上により各数式モデル毎に最適解が得られるが、これ

ら最適解の評価値を比較し、最も評価値の値が良い解を選ぶ。これにより、入槽順、入槽開始及び終了時刻、入槽量、リクレーマ稼動開始時刻、リクレーマ稼動終了時刻は勿論のこと払出し山、ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽の搬送経路も同時に決定できる。

【0068】この動作の詳細を図10に従って説明す

る。ここでは、入槽開始目標レベルを10%、入槽終了目標レベルを90%、評価関数の傾きは全て1とし、入槽開始目標レベル、入槽終了目標レベルと実際の入槽開始レベルと入槽終了レベルの差が小さい程良いとした評価関数を用いているとする。この場合、入槽開始・終了レベルと目標レベルとの差の全原料貯槽の合計値（各原料貯槽毎に別重みを付けても良い）は割付けパターン2に対して8である。評価値が最も少ない割付けパターン2が選択される。ここで、選別された割付けパターンが複数ある場合は、それぞれの割付けパターンに対する評価値を比較し、最も評価値の良い割付けパターンを選択する。この結果、槽1はヤード1から払出しを行ない、RR No.1稼働開始時刻は17分、稼働終了時刻は47分、ベルトコンベア系列1搬送開始時刻は22分、搬送終了時刻は52分、入槽開始時刻は27分、入槽終了時刻は57分であり、槽2はヤード2から払出しを行ない、RR No.2稼働開始時刻は18分、稼働終了時刻は48分、ベルトコンベア系列4搬送開始時刻は22分、搬送終了時刻は52分、入槽開始時刻は27分、入槽終了時刻は57分であり、槽3はヤード1から払出しを行ない、RR No.1稼働開始時刻は41分、稼働終了時刻は65分、ベルトコンベア系列3搬送開始時刻は41分、搬送終了時刻は65分、入槽開始時刻は51分、入槽終了時刻は75分が最適であると決定される。

【0069】なお、以上述べた実施形態では、本発明を入槽計画作成装置に適用する場合について説明したが、原料物流制御装置に適用することも可能である。この場合は、作成した入槽計画に基づいて実プラントの制御装置等に指示を与える。このようにすれば、実プラントは、最適入槽順、入槽開始及び終了時刻、入槽量、リクレーマ稼働開始時刻、リクレーマ稼働終了時刻は勿論のこと払出し山、ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽に従って原料ヤード操業を実行する。

【0070】このように一つないし複数のJOBが実施されると、実プラントにおける現在の物流状態が変化するので、その情報をある一定時間間隔で取り出し、条件設定および取込み部30に供給する。入槽計画作成部31では、入力データ、初期値、条件設定機能（図4のステップS201）により、入力データ取込み、初期値設定、条件設定を行なう。補給レベルを切る貯槽を抽出し、抽出された補給対象の原料貯槽に対して搬送経路割付けパターン抽出機能（図4のステップS203）により搬送経路を抽出し、搬送経路として選択可能な全割付けパターンを導く。ここで、得られた搬送経路の全割付けパターンに対して、あらかじめ設定した戦略上で優位な組合せを選別する。選別された搬送経路の割付けパターンに対して、与えられた現在の物流状態や物流制約を基にして線形式及び整数制約式でなる数式モデルをそれぞれ構築する。各数式モデルは、評価関数に基づいて

最適化問題として解かれる。最適化結果の内が一番良い評価値を示す組合せ（割付けパターン）を抽出し、最終結果とすることで、最適入槽順、入槽開始及び終了時刻、入槽量、リクレーマ稼働開始時刻、リクレーマ稼働終了時刻は勿論のこと払出し山、ヤード、使用リクレーマ、搬送ベルトコンベア系列、入槽原料貯槽が決定される。この結果に基づいて原料物流を制御することで最適に原料物流の制御が実行される。

【0071】なお、上述の入槽計画作成部31は、例えば、CPU（中央処理装置）、RAM（ランダムアクセスメモリ）、ROM（リードオンリメモリ）などからなるマイクロコンピュータによって構成されており、例えばパーソナルコンピュータ等の計算機によって実現することができる。また、上記実施形態の機能を実現するためのソフトウェアのプログラム自身、或いは、プログラムコードをコンピュータに供給するための手段、例えばかかるプログラムコードを格納した記憶媒体は本発明の範疇に含まれる。

【0072】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、異なる複数の工程で複数の製品を処理し、且つ各製品が異なる複数工程経路（同一工程で異なる設備を使用する場合も異工程経路と考える）を選択可能な製造・搬送プロセスにおいて、設備・搬送の「競合」および「選択」が生じる場合においても、与えられた上工程及び下工程での操業制約の下で、対象工程の操業計画にマッチした対象工程の操業計画あるいは物流制御を高速に最適化できるようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】原料ヤード製造プロセス（搬送）の概要図である

【図2】本実施形態による処理計画作成装置の位置づけを示す図である。

【図3】入槽計画作成部31の構成を示す図である。

【図4】処理計画作成部31での処理内容を示すフローチャートである。

【図5】入槽計画作成部31の処理概要を処理の概要を説明するために用いる原料ヤード製造プロセス（搬送）を規模縮小した簡単な例を示すための図である。

【図6】原料貯槽在庫予測推移を説明するための図である。

【図7】工程経路割付けパターン検索を説明するための図と検索方法を示すフローチャートである。

【図8】物流制約を線形式及び整数制約で表した内容を説明するための図である。

【図9】評価関数の一例を説明するための図である。

【図10】工程割付けパターン毎に構築された物流モデルから最適なものを抽出する方法の概要を説明するための図である。

【符号の説明】

30 条件設定および取込み部

* 303 抽出部

31 入槽計画作成部

304 構築部

32 ガントチャート表示・原料貯槽在庫推移グラフ

305 選別部

表示部

306 判断部

33 操業者評価部

307 再選別部

34 プロコン

308 数式モデル構築部

35 ビジコン

309 最適化演算部

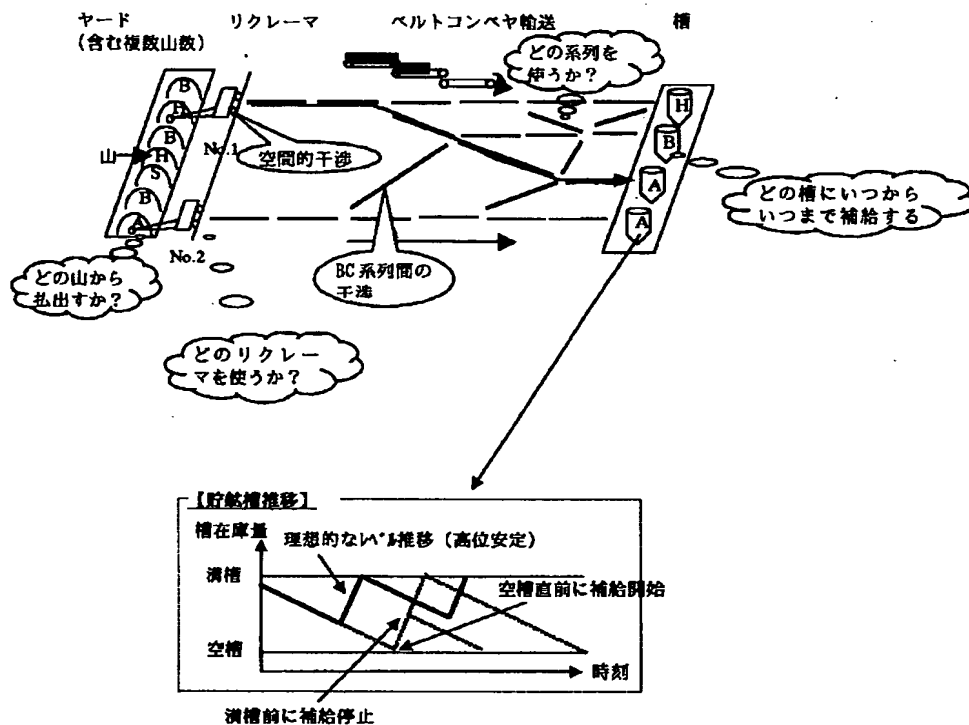
301 データ取り込み部

310 決定部

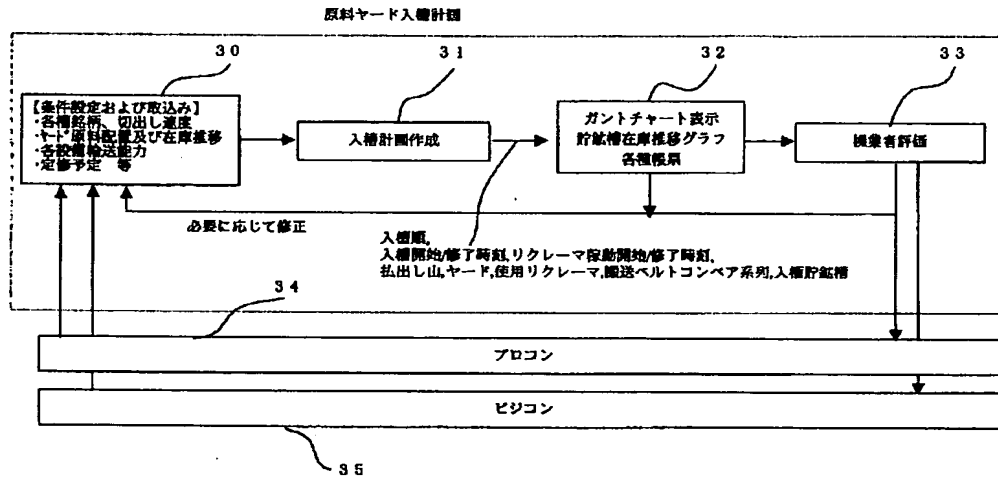
302 検出部

*

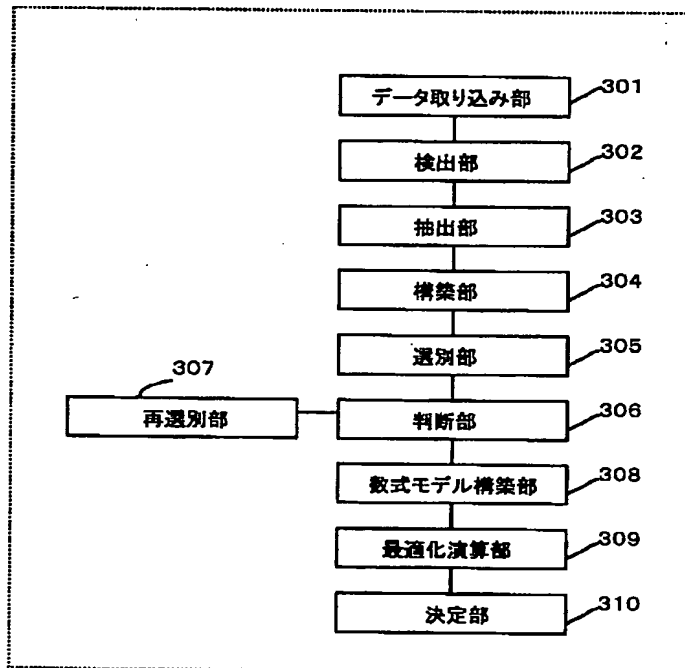
【図1】



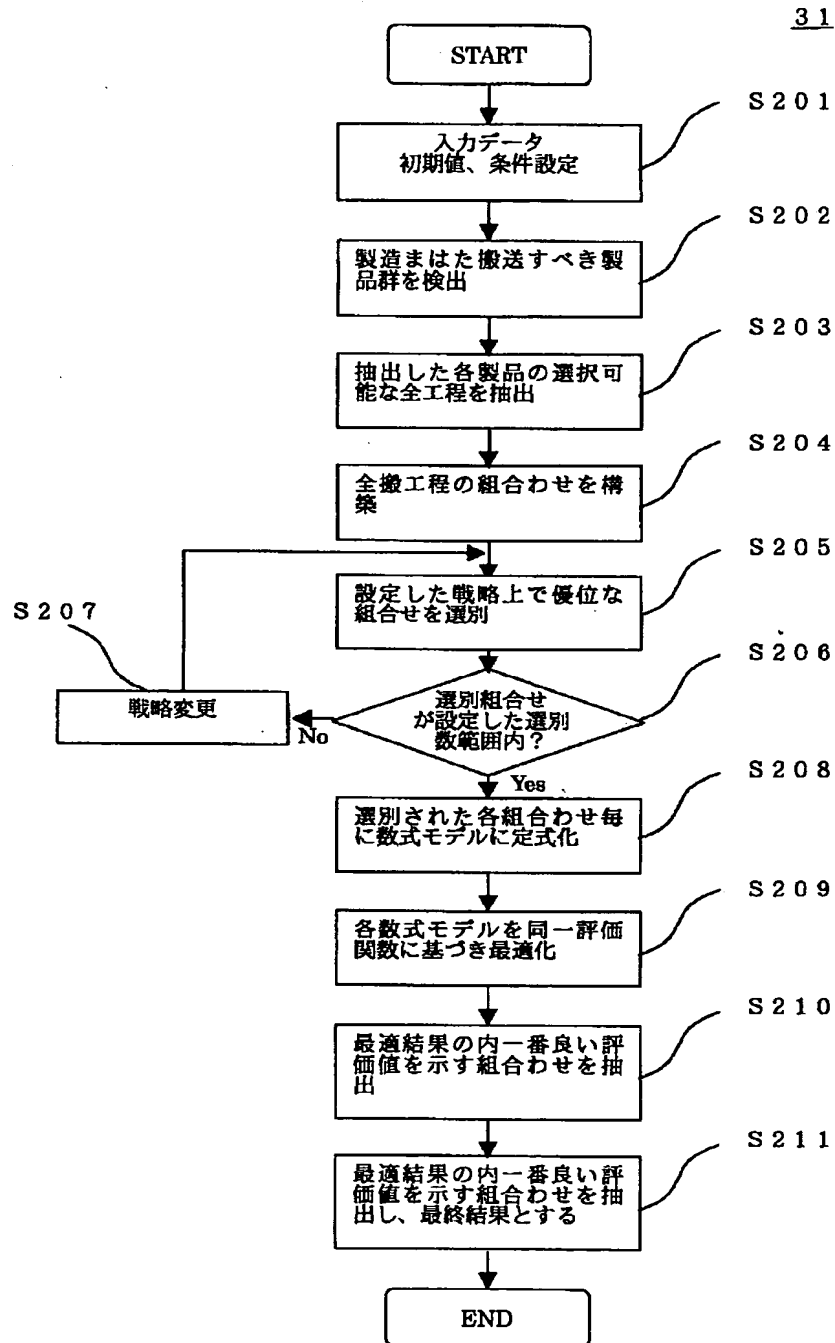
【図2】



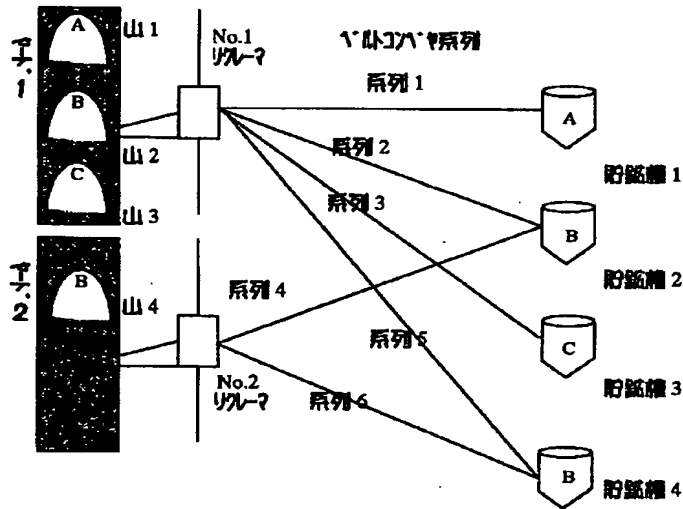
【図3】



【図4】



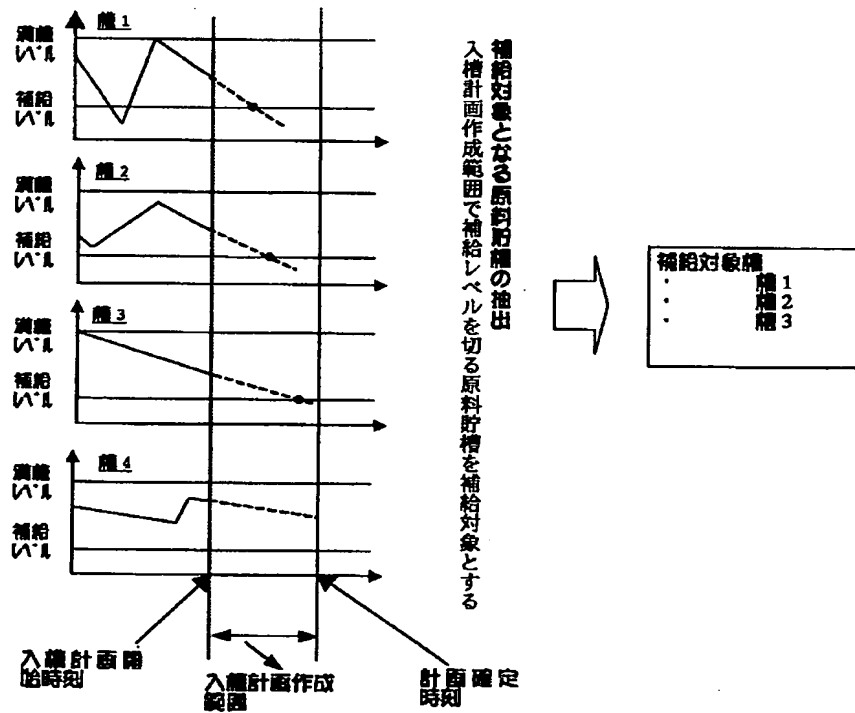
【図5】



【図6】

在庫推移計算:

入槽計画開始時刻から計画確定時刻までの区間(入槽計画作成範囲)の在庫推移を計算し、補給対象となる原料貯槽を抽出する。

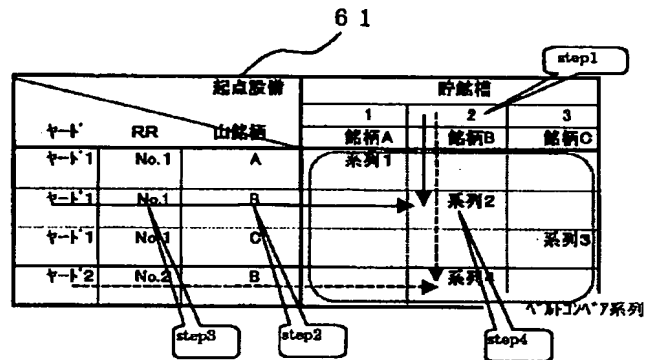


【図7】

(a)

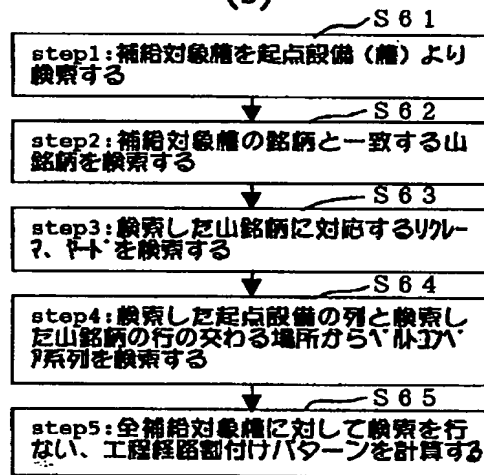
輸送量の割出:

補給対象槽に対して、原料を輸送するために使用するリクレーマとベルトコンベア系列を原料貯槽-ベルトコンベア-リクレーマ-山の関連付けられたテーブルより割り出す（複数ある場合は、全て割り出す）



RR: リクレーマ

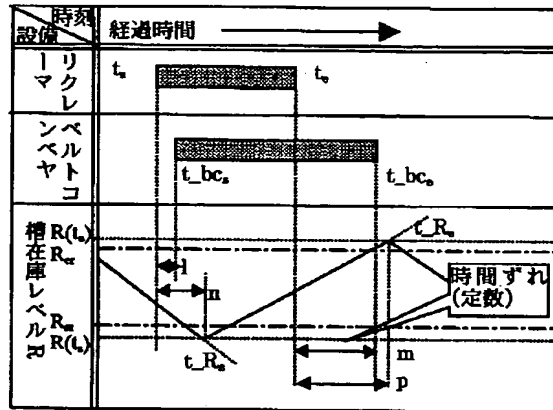
(b)



【図8】

数式モデル構築概要

1. 工程間制約モデル

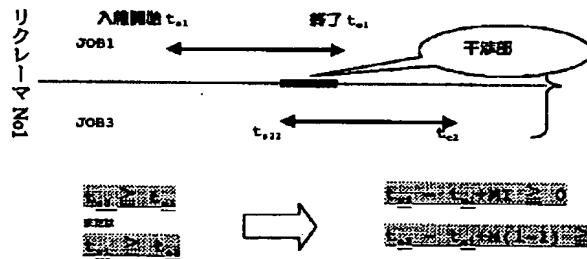


t_i, t_o : 変数 (RR 稼働開始・終了時刻)
 $t_{bc_i} = t_i + l$ (BC 稼働開始時刻)
 $t_{bc_o} = t_o + m$ (BC 稼働終了時刻)
 $t_{R_i} = t_i + n$ (入槽開始時刻)
 $t_{R_o} = t_o + p$ (入槽終了時刻)
 $R(t) = at_i + b$ (入槽開始レベル)
 $R(t) = ct_o + d$ (入槽終了レベル)
 (l, m, n, p, a, b, c, d) はいずれも定数

2. JOB 間制約モデル

圖付けパターン2

JOB1, 3 に干渉がある

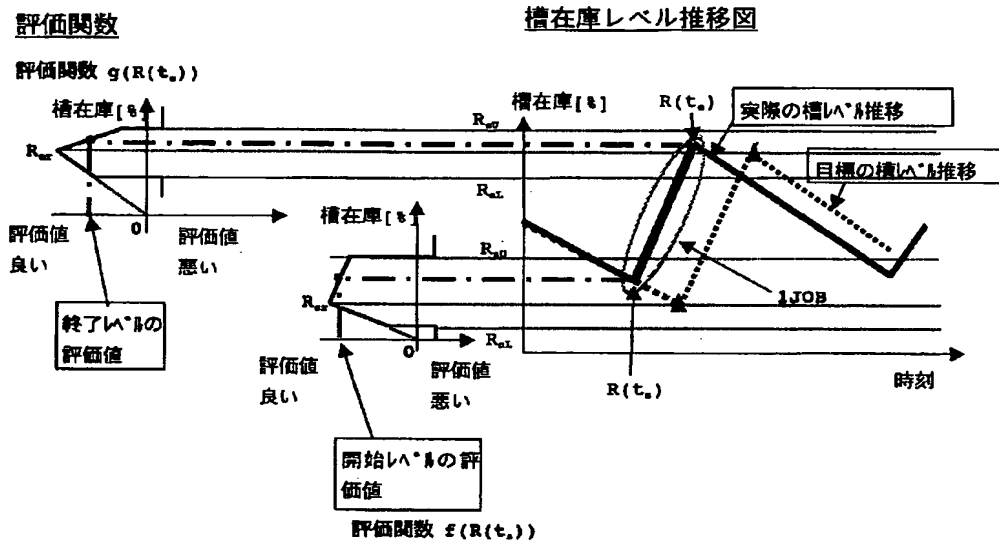


n は t より十分大きな正の実数
 m は 0 または 1

槽底モデル

 $R_i \leq R_o$
 $R_i \leq R_o \leq R_{max}$
 $R_i \leq R_o \leq R_{max}$

【図9】



【図10】

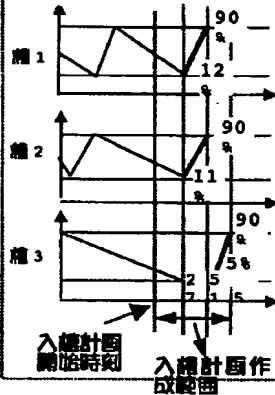
最適化計算:
搬運計画手法により搬合を回避しつつ、最も各槽の要求に近い入槽計画（処理順、各種処理時刻、工程経路）を決定する。

割付けパターン毎の最適化:

割付けパターン 9-71

選別されず

割付けパターン 9-72



評価関数値の最良のものを抽出

評価関数:

入槽開始目標値 10%、入槽終了目標値 90% からの差が小さい方が良い

3-1 割付けパターン 9-71

最適化計算せず

3-2 割付けパターン 9-72

槽 1: $|10\% - 12\%| = 2$

槽 2: $|10\% - 11\%| = 1$

槽 3: $|10\% - 5\%| = 5$

計: 8%

割付けパターン 2 に決定

処理順・処理時刻・搬送経路決定

槽 1: 27 分-57 分
リクルー No.1: 17 分-47 分
系列 1: 22 分-52 分

槽 2: 27 分-57 分
リクルー No.2: 18 分-48 分
系列 4: 22 分-52 分

槽 3: 51 分-75 分
リクルー No.1: 41 分-65 分
系列 3: 46 分-70 分

フロントページの続き

(72)発明者 屋地 靖人
富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技
術開発本部内

F ターム(参考) 3C100 AA03 AA05 AA13 AA16 AA29
AA43 BB02 BB03 BB04 BB05
BB12 BB14 BB17 BB22 BB25
BB33 BB36

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.